

## **ОЦІНЮВАННЯ ІНФОРМАТИВНОСТІ РАДІОТЕХНІЧНИХ ВИМІРЮВАЧІВ**

*Бичковський В. О., к. т. н., доцент; Реутська Ю. Ю., ст. викладач  
Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»,  
м. Київ, Україна*

Велика кількість сучасних радіоелектронних систем відноситься до класу автоматичних. В таких системах широко застосовують принцип комплексування радіотехнічних та нерадіотехнічних вимірювачів, а їх ефективність залежить від інформативності цих вимірювачів [1]. Таким чином, дослідження інформативності радіотехнічних вимірювачів необхідно вважати актуальним.

Приймаючи до уваги доцільність використання нормованих показників, введемо у розгляд коефіцієнт інформативності

$$K_{\text{ін}} = \frac{I - I_{\text{мін}}}{I_{\text{макс}} - I_{\text{мін}}}, \quad (1)$$

де  $I$  — поточна кількість інформації;  $I_{\text{макс}}$ ,  $I_{\text{мін}}$  — максимально доцільна та мінімально допустима кількість інформації [2].

Прийmemo до уваги, що  $I = \ln N$ , де  $N$  — інформаційна спроможність радіотехнічного вимірювача [3]. Тоді на підставі формули (1) визначаємо

$$K_{\text{ін}} = \frac{\ln \frac{N}{N_{\text{мін}}}}{\ln \frac{N_{\text{макс}}}{N_{\text{мін}}}}. \quad (2)$$

Прийmemo до уваги, що  $N = 1/2\gamma$ , де  $\gamma$  — відносна помилка [3, 4]. На підставі формули (2) запишемо

$$K_{\text{ін}} = \frac{\ln \frac{\gamma_{\text{макс}}}{\gamma}}{\ln \frac{\gamma_{\text{макс}}}{\gamma_{\text{мін}}}}. \quad (3)$$

На підставі формули (3) знаходимо

$$\frac{\gamma_{\text{макс}}}{\gamma} = \left( \frac{\gamma_{\text{макс}}}{\gamma_{\text{мін}}} \right)^{K_{\text{ін}}}. \quad (4)$$

В процесі вимірювань змінюються  $N$  та  $\gamma$ . На підставі формул (2), (3) запишемо

$$\dot{K}_{\text{ін}} = \left( \ln \frac{N_{\text{макс}}}{N_{\text{мін}}} \right)^{-1} \frac{\dot{N}}{N}, \quad (5)$$

$$\dot{K}_{\text{ін}} = - \left( \ln \frac{\gamma_{\text{max}}}{\gamma_{\text{min}}} \right)^{-1} \frac{\dot{\gamma}}{\gamma}, \quad (6)$$

де  $\dot{K}_{\text{ін}} = dK_{\text{ін}}/dt$ ,  $\dot{N} = dN/dt$ ,  $\dot{\gamma} = d\gamma/dt$ .

Якщо враховувати передаточні функції радіотехнічних вимірювачів, то відносна помилка  $\gamma$  визначається на підставі аналізу перехідного процесу [4].

Якщо  $y(t)$  — реакція вимірювача, то  $\gamma = \delta/y_{\text{ст}}$ , де  $\delta$  — абсолютна помилка,  $y_{\text{ст}} = \lim_{t \rightarrow \infty} y(t)$  — усталене значення  $y$ . Таким чином, на підставі формули (6) визначаємо

$$\dot{K}_{\text{ін}} = - \left( \ln \frac{\delta_{\text{max}}}{\delta_{\text{min}}} \right)^{-1} \frac{\dot{\delta}}{\delta},$$

де  $\dot{\delta} = d\delta/dt$ . Прийmemo до уваги доцільність використання інформаційних показників, які пов'язані з відносною помилкою та інформаційною спроможністю. Виходячи з цього розглянемо швидкість зміни кількості інформації  $C_n = dI/dt$ . Оскільки  $I = \ln N$ , то в формули (5), (6), (7) замість відношень

$$\dot{N}/N, \dot{\gamma}/\gamma, \dot{\delta}/\delta \text{ можна ввести } C_n = \frac{\dot{N}}{N} = -\frac{\dot{\gamma}}{\gamma} = -\frac{\dot{\delta}}{\delta}.$$

Розглянемо радіотехнічний вимірювач з передаточною функцією

$$W(p) = \frac{K \exp(-p\tau)}{(Tp + 1)^2}.$$

Якщо вплив на вході  $x(t) = A \cdot 1(t)$ , то його зображення по Лапласу  $X(p) = A/p$ . На виході вимірювача  $Y(p) = W(p)X(p)$ . Таким чином,

$$y(t) = KA \left[ 1 - \exp\left(-\frac{t-\tau}{T}\right) - \frac{(t-\tau)}{T} \exp\left(-\frac{t-\tau}{T}\right) \right]. \quad (7)$$

Усталене значення реакції на виході вимірювача

$$y_{\text{ст}} = \lim_{t \rightarrow \infty} y(t) = \lim_{p \rightarrow 0} pY(p) = KA. \quad (8)$$

Отже, на підставі формул (7), (8) відносна помилка перехідного процесу  $\gamma = [y_{\text{ст}} - y(t)]/y_{\text{ст}}$  визначається наступним чином:

$$\gamma = \left( 1 + \frac{t-\tau}{T} \right) \exp\left(-\frac{t-\tau}{T}\right). \quad (9)$$

На підставі формули (9) визначаємо швидкість зміни кількості інформації:

$$C_n = -\frac{\dot{\gamma}}{\gamma} = \frac{1}{T^2 \left( \frac{1}{t-\tau} + \frac{1}{T} \right)}. \quad (10)$$

Приймаючи до уваги залежності (6), (10), знаходимо

$$\dot{K}_{\text{ін}} = \frac{C_n}{\ln \frac{\gamma_{\text{max}}}{\gamma_{\text{min}}}}.$$

Розглянемо ситуацію, коли  $N_{\text{min}} = 1$ . Тоді  $\gamma_{\text{max}} = 0.5$ . Характеристики радіотехнічного вимірювача:  $T = 0.5$  с;  $\tau = 0.05$  с;  $\gamma_{\text{min}} = 0.05$ . Необхідно визначити  $K_{\text{ін}}$  та  $\dot{K}_{\text{ін}}$  в момент часу  $t = 2.05$  с. На підставі формул (3, 6, 9) знаходимо:  $K_{\text{ін}} = 0.737$  та  $\dot{K}_{\text{ін}} = 0.965$  с<sup>-1</sup>.

Отримані результати дають можливість оцінювати інформативність в динаміці та враховувати передаточні функції вимірювачів. З іншого боку, швидкість зміни інформативності пов'язується із швидкістю зміни кількості інформації, що дає можливість порівнювати характеристики різноманітних вимірювачів з інформаційної точки зору.

#### **Перелік посилань**

1. Вагапов В. Б. Автоматика радиоэлектронных систем. — К.: Вища школа, 1988. — 351 с.
2. Згуровський М. З. Основи системного аналізу / М. З. Згуровський, Н. Д. Панкратова. — К.: Видавнича група BNV, 2007. — 544 с.
3. Новицкий П. В. Основы информационной теории измерительных устройств. / Л.: Энергия, 1968. — 248 с.
4. Ацюковский В. А. Построение систем связей комплексов оборудования летательных аппаратов. — М.: Сов.радио, 1974. — 160 с.

#### **Анотація**

На підставі використання нормованих показників виконано оцінювання інформативності радіотехнічних вимірювачів. Встановлено залежності інформативності від інформаційної спроможності, відносної помилки та швидкості зміни кількості інформації. Показана методика врахування передаточних функцій вимірювачів.

**Ключові слова:** інформативність, радіотехнічний вимірювач, помилки.

#### **Аннотация**

На основе использования нормированных показателей выполнено оценивание информативности радиотехнических измерителей. Установлены зависимости информативности от информационной способности, относительной ошибки и скорости изменения количества информации. Показана методика учета передаточных функций измерителей.

**Ключевые слова:** информативность, радиотехнический измеритель, ошибки.

#### **Abstract**

Evaluation of radio technical measurer informativeness performed using of normed indicators. Dependencies of informativeness on the informational abilities, the relative errors and the rate of information amount change set. Method of account of measurers transfer functions shown.

**Keywords:** informativeness, radio technical measurer, errors.